

PENENTUAN GRADASI GABUNGAN SEBAGAI DASAR CAMPURAN LASTON AC-WC DAN LIMBAH BAN

Muhammad Akrom Subhan

Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: akromsubhan16@gmail.com

Purwo Mahardi, S.T., M.Sc.

Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: purwomahardi@unesa.ac.id

Yogie Risdianto, S.T., M.T.

Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: risdi75@yahoo.com

Abstrak

Pada akhir ini, banyak pekerjaan pengaspalan jalan baru maupun penambalan. Dari pekerjaan tersebut, menimbulkan limbah aspal yang tidak dimanfaatkan kembali. Sehingga dapat menimbulkan masalah baru yaitu timbulnya limbah aspal atau yang disebut RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*). Pada penelitian ini yang ditinjau adalah pengaruh RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) sebagai pengganti agregat dengan menggunakan *filler fly ash* pada campuran aspal pertamina pen 60/70 sebagai dasar campuran penambahan limbah ban. Oleh sebab itu penggunaan RAP menjadi salah satu alternatif yang digunakan untuk mendapatkan kualitas lapis perkerasan yang baik dan memanfaatkan kembali limbah perkerasan lentur.

Benda uji yang disiapkan untuk campuran AC-WC+RAP dengan persentase aspal 3%, 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, untuk variasi 1 dan 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, untuk variasi 2. Pencampuran agregat AC-WC+RAP dilakukan dengan metode kering, dicampur diatas penggorengan.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi campuran dengan 21% RAP pada CA (*Course Agregat*), merupakan komposisi yang paling optimal dengan kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,25% pada campuran variasi 2. Dengan Analisa parameter *Marshall*, nilai stabilitas 1256,64 kg, kelelahan atau *flow* 3,25 mm, V.I.M 4,51%, V.M.A 15,12%, V.F.A 70,20%, dan *Marshall Quotient* 387,67 kg/mm.

Kata Kunci : *Filler Fly Ash*, Laston AC-WC, Limbah Ban, *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP)

Abstract

At the end of this time, a lot of work is asphaltting as well as patching. From this work, it creates asphalt waste which is not reused. So that it can cause new problems, namely the emergence of asphalt waste or so-called RAP (Reclaimed Asphalt Pavement). In this study, the effect of RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) as a substitute for aggregate by using fly ash filler in the 60/70 pertamina pen asphalt mixture as a basis for adding tire waste mixture. Therefore the use of RAP is one of the alternatives used to get good quality pavement layers and to reuse flexible pavement waste.

Test specimens were prepared for AC-WC + RAP mixture with asphalt percentage of 3%, 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% for variations of 1 and 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% for variation 2. The mixing of AC-WC + RAP aggregates was carried out by the dry method, mixed over the frying pan.

The results of this study indicate that the composition of the mixture with 21% RAP on the CA (Aggregate Course), is the most optimal composition with an optimum asphalt content (KAO) of 5.25% in a mixture of variation 2. With Marshall parameter analysis, the stability value is 1256, 64 kg, melt or flow 3.25 mm, VIM 4.51%, VMA 15.12%, VFA 70.20%, and Marshall Quotient 387.67 kg / mm.

Keywords : AC-WC Laston, *Filler Fly Ash*, *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP), Waste Tires

PENDAHULUAN

Volume dan beban kendaraan cenderung terus bertambah sehingga diperlukan suatu inovasi dalam bidang pemeliharaan jalan guna mempertahankan atau menambah umur rencana jalan dalam melayani beban lalu lintas. *Overlay* yang dilakukan terus-menerus akan membentuk ketebalan jalan yang tinggi, sehingga dapat mengganggu drainase, ketinggian bahu jalan, dan kerb jalan serta median. Masalah ini harus diantisipasi sedini mungkin sebelum terjadi kelangkaan material karena aspal sebagai residu minyak bumi yang bisa terbarukan.

Reclaimed asphalt pavement (RAP) adalah salah satu jenis aspal daur ulang yang didapatkan dari hasil penggarukan bahan perkerasan jalan yang sudah rusak. Pada umumnya material RAP diambil dari tempat *stockpile* dimana material RAP berpotensi mempunyai *properties* beragam karena dimungkinkan material berasal dari hasil garukan beberapa ruas jalan. Ukuran partikel RAP juga sangat beragam. Material RAP dibagi menjadi beberapa fraksi kasar, medium, dan halus untuk mengurangi efek keberagaman material. Jika dikupas dan disaring dengan baik, RAP mengandung agregat yang bermutu tinggi dan bergradasi baik (NAPA, 1996). Agregat adalah suatu bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran yang terdiri dari berbagai butiran dan pecahan.

Pada penelitian ini yang ditinjau adalah pengaruh penambahan limbah ban sebagai bahan tambah serta *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) sebagai pengganti agregat dengan menggunakan *filler fly ash* pada campuran aspal beton terhadap karakteristik *Marshall* yang meliputi *stability*, *flow*, *void in mineral aggregate* (VMA), *void in mix* (VIM), *void filled with asphalt* (VFA) dan *Marshall Quotient* (QM). Penelitian ini menggunakan campuran aspal Laston AC-WC spesifikasi Bina Marga 2010 yang diuji dengan metode *Marshall* dengan beberapa variasi perbandingan benda uji.

Tujuan penelitian yang ingin di capai adalah mengetahui pengaruh penambahan limbah ban serta penggunaan RAP sebagai pengganti agregat dengan menggunakan *filler fly ash* sebagai bahan campuran Laston AC-WC terhadap karakteristik *Marshall*.

KAJIAN PUSTAKA

A. Perkerasan Jalan

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas :

- 1) Konstruksi perkerasan lentur (*Flexible Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan – lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
- 2) Konstruksi perkerasan kaku (*Rigid Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (Portland Cement) sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
- 3) Konstruksi perkerasan komposit (*Composite Pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

B. Beton Aspal

Beton Aspal (*Hotmix*) adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal apa yang akan digunakan (Sukirman, 2003). Terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas, keawetan, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air dan kemudahan pelaksanaan (*workability*).

C. Agregat

Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu yaitu 90 – 95% agregat.



Gambar 1. Macam Ukuran Agregat
Sumber : PT. Merakindo Mix, Driyorejo, Gresik.

D. Aspal

Menurut Irianto (1988) dan Sukirman (1999), aspal beton adalah suatu bahan yang terdiri dari campuran antara batuan (agregat kasar dan agregat halus) dengan bahan ikat aspal yang mempunyai persyaratan tertentu, dimana kedua material sebelum dicampur secara homogen, harus dipanaskan terlebih dahulu. Karena dicampur dalam keadaan panas, maka sering disebut sebagai *hotmix*. Semua pekerjaan pencampuran *hotmix* dilakukan di pabrik pencampur yang disebut sebagai *Asphalt Mixing Plant* (AMP).

E. AC – WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*)

Adalah lapis beton aspal (laston) atau lapis aus untuk permukaan jalan. Biasanya tidak terlalu tebal sekitar 5 cm, bersifat lentur untuk dapat menerima gerakan lapis di bawahnya tanpa mengalami retak. Menurut (Sukirman, 2003) laston (Lapisan Aspal Beton) adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat.

F. *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP)

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) adalah perkerasan jalan yang telah rusak akut yang kemudian digali dan dihancurkan menjadi semacam agregat. (Sunarjono, dkk., 2012). *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) adalah alternatif pengganti material baru yang berguna karena dapat mengurangi penggunaan agregat baru dan jumlah aspal baru yang dibutuhkan dalam memproduksi campuran aspal panas.

G. Limbah Ban (*Crumb Rubber*)

Crumb rubber adalah hasil pengolahan limbah ban karet bekas. Tiga metode yang saat ini digunakan untuk mengolah ban bekas menjadi *crumb rubber* yaitu *Ambient Process*, *Cryogenic Process*, dan *Find Grind – Ambient Method*.

Ambient grinding dapat dilakukan dengan dua cara: granulasi atau *cracker mills*. Karet ban

atau bahan baku lainnya tetap pada suhu kamar saat memasuki *cracker mills* atau granulator. *Cryogenic process* merupakan proses pengecilan ukuran ban bekas dengan menambahkan cairan nitrogen atau material lain untuk membekukan ban atau *tire chips*. Ban menjadi getas pada temperatur dibawah -80°C . *Fine grind-ambient Method* atau penggilingan mikro merupakan teknologi pengolahan yang digunakan untuk menghasilkan *crumb rubber* dengan ukuran 40 mesh atau lebih kecil lagi.

H. Rancangan Campuran Aspal (*Asphalt Mix Design Formula*)

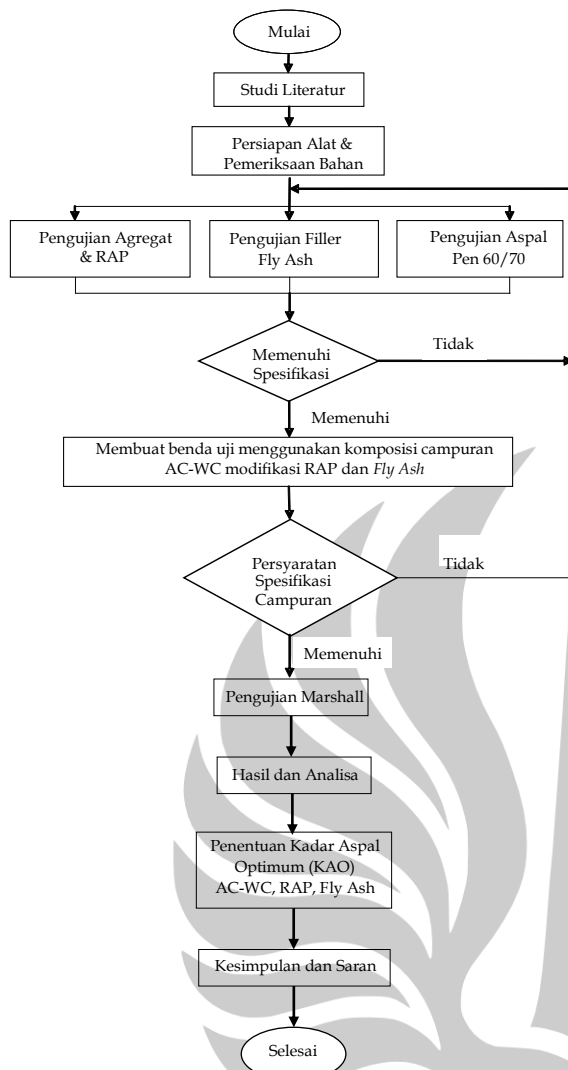
Rancangan campuran dilaksanakan setelah pemeriksaan apakah agregat dan aspal yang akan dipergunakan memenuhi spesifikasi material campuran. Di Indonesia terdapat dua metode rancangan campuran, yaitu metode Marshall yang dikembangkan oleh The Asphalt Institute dan metode CQCMU yang dikembangkan di Indonesia mengacu pada British Standard (Sukirman, 2007).

I. Marshall Test

Pengujian Marshall bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). *Flow* didefinisikan sebagai perubahan deformasi atau regangan suatu campuran mulai dari tanpa beban, sampai beban maksimum dan dinyatakan dalam milimeter.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif, dimana proses menemukan pengetahuan menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis. Penelitian ini merupakan eksperimen yang menguji lapis aspal beton hotmix pada AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*) terhadap karakteristik marshall menggunakan alat *marshall test*. Benda uji yang digunakan adalah aspal, agregat halus, agregat kasar, *filler*, serta penambahan limbah ban (*crumb rubber*). Dalam hal ini, agregat kasar disubstitusi menggunakan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) atau aspal daur ulang. Beberapa hal yang harus dipersiapkan untuk proses penelitian terdapat pada bagan alur yang ditunjukkan dalam Gambar 2 :



Gambar 2. Flow Chart Penelitian

Tempat dan Lokasi Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium PT. Merakindo Mix.

Variabel bebas adalah variabel yang menyebabkan atau mempengaruhi, yaitu faktor – faktor yang diukur, dimanipulasi atau dipilih. Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah AC-WC, RAP. Variabel kontrol merupakan variabel yang keadaannya tergantung pada variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel kontrolnya adalah hasil dari trial and error yang dilakukan peneliti. Variabel bebas yang digunakan adalah AC-WC, RAP. Sedangkan untuk variabel terikat adalah AC-WC Pen 60/70.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah pemilihan jenis dan penetrasi pada aspal, aspal yang digunakan adalah aspal pertamina dengan pen 60/70. Kemudian dilakukan pengujian aspal, dari pengujian yang dilakukan, diperoleh nilai-nilai karakteristik material aspal yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan Laston AC-WC. Adapun material yang akan digunakan antara lain :

1. CA (Course Agregat) dengan ukuran 10-15 mm.
2. MA (Medium Agregat) dengan ukuran 5-10 mm.
3. FA (Fine Agregat) dengan ukuran 0-5 mm.
4. RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) dengan ukuran 0-5 mm, 5-10 mm, dan 10-15 mm.
5. Filler dengan menggunakan Abu Batu.

Rancangan komposisi campuran dilakukan analisa saringan menggunakan alat saringan agregat dari ukuran bukaan saringan yang terbesar yaitu 1/2”- 200” dimana akan menghasilkan gradasi untuk pencampuran AC-WC. Komposisi campuran gradasi gabungan dapat dilihat pada Tabel berikut ini:

Tabel 1. Gradasi Gabungan Agregat dan RAP Variasi 1

SIEVE	Agregat Kasar (10-15 mm)		Agregat Sedang RAP (5-10 mm)		Agregat Halus (0-5 mm)		Filler Fly Ash		TOTAL	Spesifikasi
NO:		37%		21%		40%		2%		
1"	100.0	37.0	100	21.0	100	40.0	100	2.0	100	
3/4"	100.0	37.0	100.00	21.0	100	40.0	100	2.0	100	100
1/2"	81.2	30.0	100.00	21.0	100	40.0	100	2.0	93.0	90 - 100
3/8"	44.7	16.5	64.43	13.5	100	40.0	100	2.0	72.1	72 - 90
No:4	10.6	3.9	8.39	1.8	99.8	39.9	100	2.0	47.6	43 - 63
8	2.6	1.0	3.75	0.8	72.0	28.8	100	2.0	32.5	28 - 39.1
16	1.1	0.4	3.50	0.7	41.9	16.8	100	2.0	19.9	19 - 25.6
30	0.0		3.30	0.7	25.9	10.4	100	2.0	13.1	13 - 19.1
50			3.15	0.7	16.7	6.7	100	2.0	9.3	9 - 15.5
100			2.87		13.6	5.4	99.25	1.99	7.4	6 - 13
200			2.53		9.8	3.9	99.10	1.98	5.9	4 - 10

Sumber: Hasil analisis peneliti di PT. Merakido Mix Krikilan Driyorejo, Gresik

Tabel 2. Gradasi Gabungan Agregat dan RAP Variasi 2

SIEVE	Agregat Kasar RAP (10-15 mm)		Agregat Sedang (5-10 mm)		Agregat Halus (0-5 mm)		Filler Fly Ash		TOTAL	Spesifikasi
NO:		21%		32%		45%		2%		
1"	100.0	21.0	100	32.0	100	45.0	100	2.0	100	
3/4"	100.0	21.0	100.00	32.0	100	45.0	100	2.0	100	100
1/2"	75.0	15.7	100.00	32.0	100	45.0	100	2.0	94.7	90 - 100
3/8"	32.5	6.8	86.60	27.7	100	45.0	100	2.0	81.5	72 - 90
No:4	3.3	0.7	32.40	10.4	99.8	44.9	100	2.0	58.0	43 - 63
8	0.7	0.1	8.60	2.8	72.0	32.4	100	2.0	37.3	28 - 39.1
16	0.5	0.1	3.10	1.0	41.9	18.9	100	2.0	22.0	19 - 25.6
30			1.40	0.4	25.9	11.7	100	2.0	14.1	13 - 19.1
50			0.00		16.7	7.5	100	2.0	9.5	9 - 15.5
100			0.00		13.6	6.1	99.25	1.99	8.1	6 - 13
200			0.00		9.8	4.4	99.10	1.98	6.4	4 - 10

Sumber: Hasil analisis peneliti di PT. Merakido Mix Krikilan Driyorejo, Gresik

Tabel 3. Proporsi Agregat Benda Uji Variasi 1

%	Agregat	Berat (gr)	Kumulatif (gr)
40%	0-5 mm	460,0	460,0
21%	5-10 mm	241,5	701,5
37%	10-15 mm	425,5	1127,0
2%	<i>Fly Ash</i>	23,0	1150,0

Sumber: Hasil analisis peneliti di PT. Merakido Mix Krikilan Driyorejo, Gresik

Tabel 4. Proporsi Agregat Benda Uji Variasi 2

%	Agregat	Berat (gr)	Kumulatif (gr)
45%	0-5 mm	517,5	517,5
32%	5-10 mm	368,0	885,5
21%	10-15 mm	241,5	1127,0
2%	<i>Fly Ash</i>	23,0	1150,0

Sumber: Hasil analisis peneliti di PT. Merakido Mix Krikilan Driyorejo, Gresik

Setelah komposisi gradasi gabungan ditentukan, kemudian dilakukan perencanaan perkiraan kadar aspal. Rumus yang digunakan untuk menentukan kadar aspal rencana adalah sebagai berikut :

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K$$

Dimana:

Pb = Kadar aspal rencana, persen terhadap berat campuran

CA = Agregat kasar, persen agregat tertahan saringan no. 8

FA = Agregat halus, persen agregat lolos saringan no. 8 dan tertahan saringan no. 200

FF = Agregat lolos ayakan no. 200

K = Konstanta (nilai K sekitar 0,5 sampai 1,0 untuk AC dan 2,0 – 3,0 untuk HRS).

$$\%CA = 100\% - 37,3\% = 62,7\%$$

$$\%FA = 37,3\% - 6,4\% = 30,9\%$$

$$\%FF = 6,4\%$$

Konstanta yang dipakai adalah 0,5

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K$$

$$= 0,035 (62,7\%) + 0,045 (30,9\%) + 0,18 (6,4\%) + 0,5$$

$$= 2,195\% + 1,391\% + 1,152\% + 0,5$$

$$= 5,238\% \text{ dibulatkan menjadi } 5\%$$

Dibuat variasi dengan kadar aspal dengan jumlah benda uji 10, benda uji masing-masing kadar 2 benda uji. Variasi kadar yang digunakan adalah (Pb – 1,0) %, (Pb – 0,5) %, (Pb) %, (Pb + 0,5) %, dan (Pb + 1,0) %, dijelaskan pada Tabel 4 berikut:

Tabel 5. Pembuatan Benda Uji Laston AC-WC Untuk Mendapatkan KAO Gradasi Gabungan

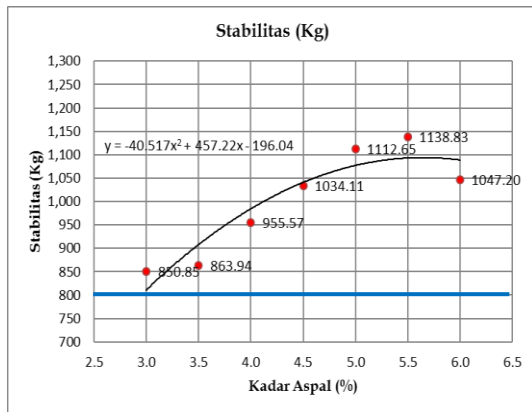
Pb	BU Var. 1	BU Var. 2	Keterangan
3,0 %	1 buah	-	Campuran AC-WC + RAP + <i>Filler Fly Ash</i> + Kadar aspal minyak Pb –2,5 (%)
3,5 %	1 buah	-	Campuran AC-WC + RAP + <i>Filler Fly Ash</i> + Kadar aspal minyak Pb –1,5 (%)
4,0 %	1 buah	2 buah	Campuran AC-WC + RAP + <i>Filler Fly Ash</i> + Kadar aspal minyak Pb –1,0 (%)
4,5 %	1 buah	2 buah	Campuran AC-WC + RAP + <i>Filler Fly Ash</i> + Kadar aspal minyak Pb –0,5 (%)
5,0 %	1 buah	2 buah	Campuran AC-WC + RAP + <i>Filler Fly Ash</i> + Kadar aspal minyak Pb (%)
5,5 %	1 buah	2 buah	Campuran AC-WC + RAP + <i>Filler Fly Ash</i> + Kadar aspal minyak Pb +0,5 (%)
6,0 %	1 buah	2 buah	Campuran AC-WC + RAP + <i>Filler Fly Ash</i> + Kadar aspal minyak Pb +1,0 (%)
Jumlah		17 buah	

Sumber: Hasil analisis peneliti di PT. Merakido Mix Krikilan Driyorejo, Gresik

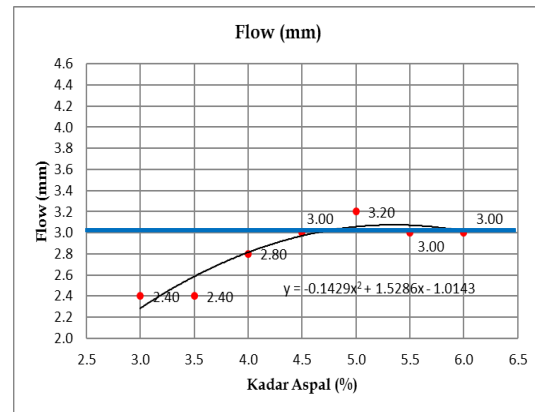
Hasil pengujian *marshall* ditinjau untuk mengetahui kinerja dari benda uji aspal diantaranya adalah nilai stabilitas, kelelahan (flow), VIM, VMA, VFA, dan MQ (Marshall Quotient). Pengujian ini untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran, yang kemudian di analisis untuk memenuhi karakteristik campuran.

1. Stabilitas

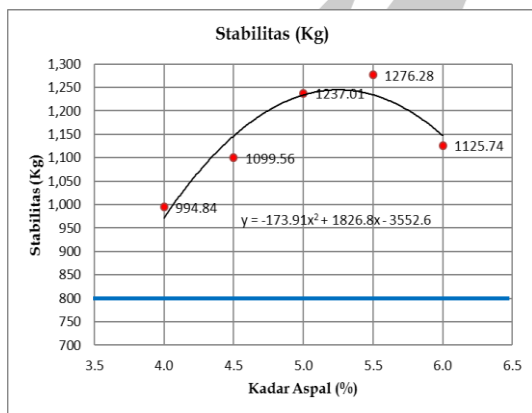
Nilai stabilitas digunakan sebagai parameter untuk mengukur ketahanan terhadap kelelahan plastis dari suatu campuran aspal atau kemampuan campuran menahan deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas. Nilai stabilitas untuk masing-masing campuran dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



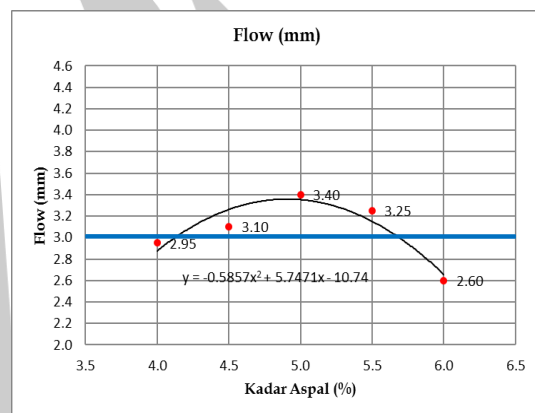
Gambar 3. Grafik Nilai Stabilitas Var. 1
Sumber : Hasil Analisa Peneliti di PT. Merakindo Mix



Gambar 5. Grafik Nilai Flow Var. 1
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di PT. Merakindo Mix



Gambar 4. Grafik Nilai Stabilitas Var. 2
Sumber : Hasil Analisa Peneliti di PT. Merakindo Mix



Gambar 6. Grafik Nilai Flow Var. 2
Sumber : Hasil Analisa Peneliti di PT. Merakindo Mix

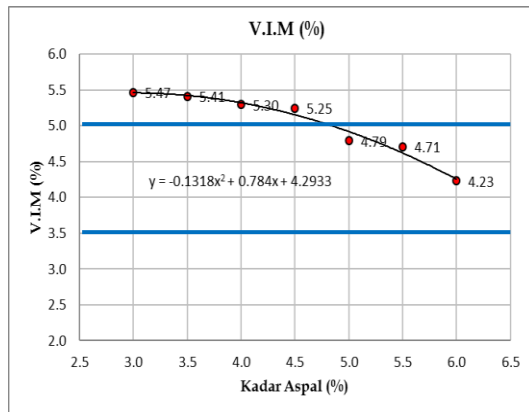
Pada Gambar 3 dan Gambar 4, dapat dilihat bahwa setiap kadar sudah memenuhi spesifikasi yang ada dan semakin banyak kadar aspal yang digunakan semakin besar pula hasil stabilitas yang didapatkan. Namun hanya sampai pada kadar aspal 5,5% kemudian mengalami penurunan kembali pada kadar aspal 6%. Ditinjau dari penurunan tersebut mengisyaratkan bahwa nilai optimum pada stabilitas terletak pada kadar aspal 5% dan 5,5%.

2. Flow (Kelelehan)

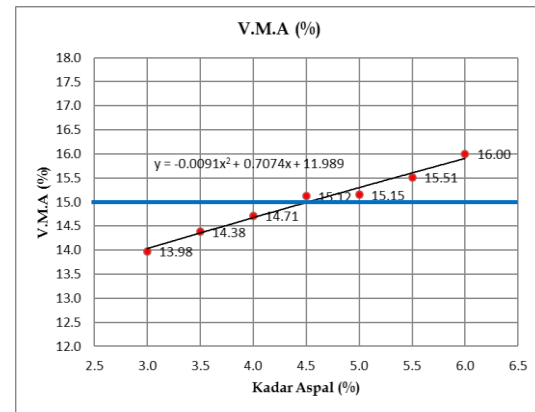
Flow menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan. Nilai kelelehan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain gradasi, kadar aspal, bentuk dan permukaan agregat. Nilai ini langsung dapat dibaca dari pembacaan arloji kelelehan (*flow*) saat pengujian *Marshall*. Nilai *flow* dinyatakan dalam satuan milimeter. Hasil kelelehan ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.

3. VIM (Void In Mix)

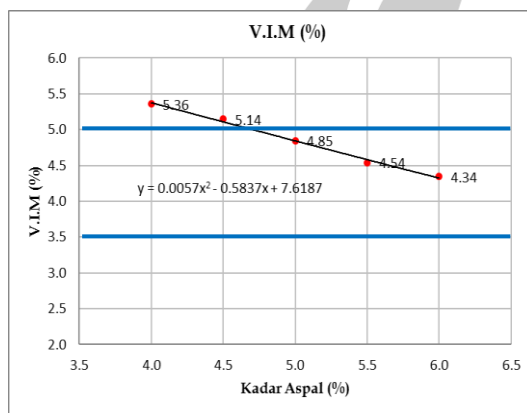
Nilai VIM menunjukkan nilai presentase rongga dalam suatu campuran aspal merupakan volume pori yang masih tersisa setelah campuran aspal dipadatkan dan dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat. Proses ini mengakibatkan udara dan air mudah masuk ke dalam lapis perkerasan sehingga berakibat meningkatkan proses oksidasi yang dapat mempercepat penuaan aspal. Spesifikasi dari VIM untuk Laston AC-WC, berkisar antara 3,5% - 5%. Hasil nilai VIM ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



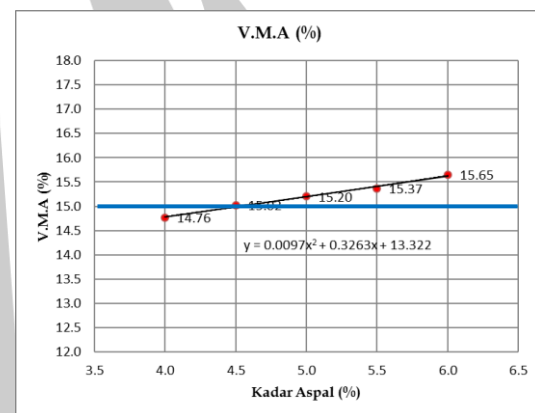
Gambar 7. Grafik Nilai VIM Var. 1
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di PT. Merakindo Mix



Gambar 9. Grafik Nilai VMA Var. 1
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di PT. Merakindo Mix



Gambar 8. Grafik Nilai VIM Var. 2
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di PT. Merakindo Mix



Gambar 10. Grafik Nilai VMA Var. 2
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di PT. Merakindo Mix

Pada Gambar 7 dan Gambar 8, menunjukkan hasil pengujian nilai VIM sudah memenuhi spesifikasi pada penambahan kadar aspal 5%-6%. Pori udara yang ada setelah dicampurkan dengan aspal pada kadar tersebut mempunyai campuran yang baik dari segi kadar aspal serta gradasi agregat yang rapat sehingga campuran dapat terwujud dengan maksimal. Sedangkan penambahan pada kadar aspal 4%-4,5% tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010, hal ini disebabkan karena kurangnya kadar aspal yang digunakan membuat campuran kurang terselimuti dan membuat campuran memiliki pori yang besar.

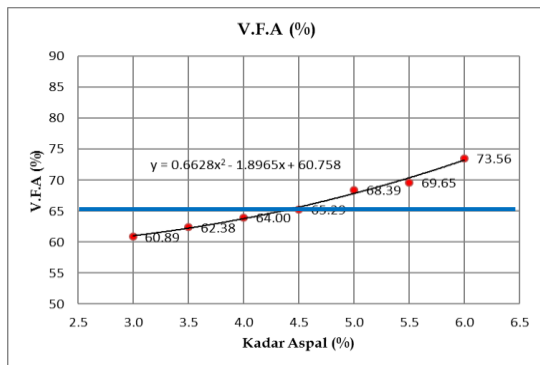
4. VMA (Void in the Mineral Aggregate)

VMA adalah volume rongga yang terdapat di antara partikel agregat suatu campuran beraspal yang telah dipadatkan. VMA merupakan salah satu parameter penting dalam rancangan campuran aspal, karena pengaruhnya terhadap ketahanan dari campuran aspal. Nilai hasil pengujian VMA ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.

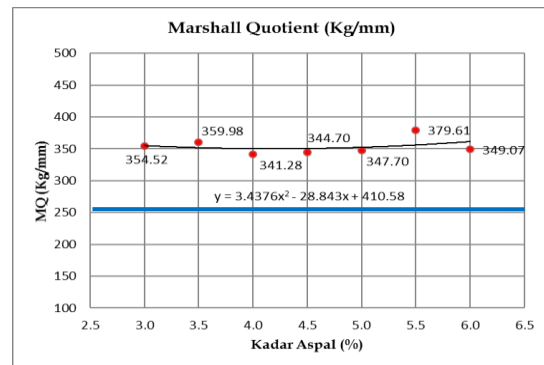
Dari Gambar 9 dan Gambar 10 presentase yang didapatkan pada setiap kadar mengalami kenaikan. Hasil tabel menunjukkan semakin banyak kadar aspal yang digunakan semakin tinggi pula nilai VMA yang didapat. Namun hanya kadar aspal 4,5%-6% yang memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2010 yaitu minimal sebesar 15%.

5. VFA (Void Filled with Asphalt)

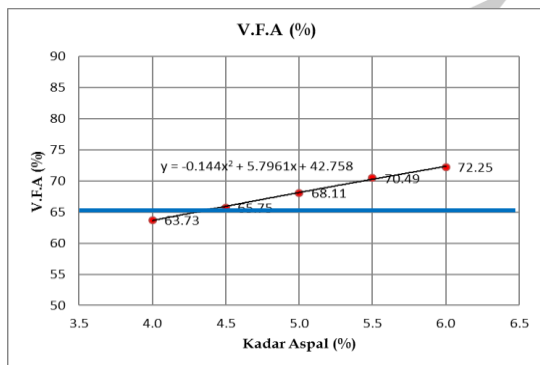
Rongga dalam campuran terjadi akibat adanya ruang sisa antar butiran penyusun campuran. Rongga ini dalam kondisi kering akan diisi oleh udara dan dalam kondisi basah akan diisi oleh air. Kriteria VFA bertujuan untuk menjaga keawetan campuran beraspal dengan memberi batasan yang cukup. Hasil nilai VFA dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12.



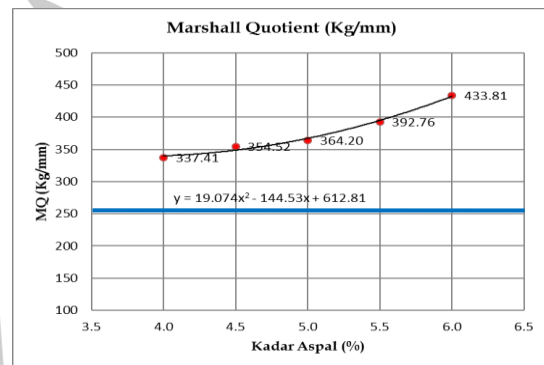
Gambar 11. Grafik Nilai VFA Var. 1
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di PT. Merakindo



Gambar 13. Grafik Nilai MQ Var. 1
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di PT. Merakindo Mix



Gambar 12. Grafik Nilai VFA Var. 2
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di PT. Merakindo Mix



Gambar 14. Grafik Nilai MQ Var. 2
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di PT. Merakindo Mix

Pada Gambar 11 dan Gambar 12, menunjukkan hasil pengujian pada VFA sudah memenuhi spesifikasi pada penambahan kadar aspal 4,5%-6%. Bertambahnya nilai VFA pada penelitian ini disebabkan karena mengecilnya rongga dalam campuran (VIM) yang merupakan bagian dari pembagi dalam menentukan nilai VFA. Nilai minimal VFA sesuai dengan spesifikasi yang ada sebesar 65% sehingga dari hasil pengujian yang didapatkan menunjukkan bahwa nilai VFA memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2010.

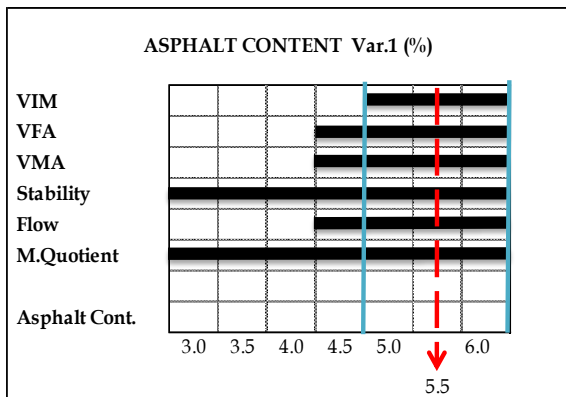
6. MQ (Marshall Quotient)

MQ dihitung sebagai rasio dari stabilitas terhadap kelelahan yang digunakan sebagai indikator kekakuan campuran. Semakin tinggi nilai MQ suatu campuran, maka semakin kaku campuran tersebut. Semakin rendah nilai MQ suatu campuran, maka resiko yang memungkinkan adalah retak permukaan dan pergerakan horizontal pada arah perjalanan. Hasil untuk pengujian MQ tersebut dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14.

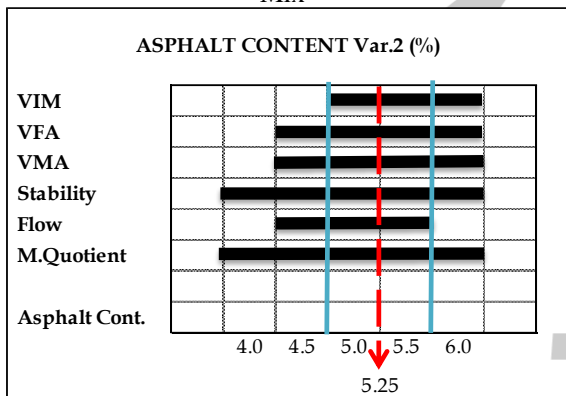
Pada pengujian diperoleh hasil yang memenuhi spesifikasi pada setiap kadarnya. Nilai MQ (*Marshall Question*) yang paling baik yaitu pada kadar aspal 6,0% yang mengakibatkan aspal dapat memiliki sifat lentur dalam menahan beban kendaraan tapi tetap kaku tidak mudah *bleeding* karena masih dalam kisaran spesifikasi Bina Marga 2010.

7. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Hasil pangujian *marshall* menggunakan kadar aspal rencana (Pb) pada campuran AC-WC+RAP diperoleh KAO 5,5% dan 5,25%, yang ditentukan dari analisa nilai VIM, VMA, VFA, Stabilitas, *Flow* dan *Marshall Quotient* (MQ) yang mendapatkan suatu selang kadar aspal yang memenuhi syarat dan diambil nilai tengah dari selang tersebut, yang kemudian dilakukan kontrol dari masing-masing KAO.



Gambar 15. KAO AC-WC dengan RAP Var. 1
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di PT. Merakindo Mix



Gambar 15. KAO AC-WC dengan RAP Var. 1
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di PT. Merakindo Mix

Tabel 6. Hasil Uji Marshall Kontrol KAO

No.	Bitumen Content	Eff Sp.Gr Total agg	Max Sp.gr Combine Mix	Weght (Gram)			Volume Of Specimen	Bulk SpGr Combine Mix
				In Air	In Water	S.S.D		
B	B	C	D	E	F	G	H	I
1	5.5	2.633	2.425	1193.6	694.6	1210.8	516.2	2.312
			2.425	1194.2	696.4	1209.8	513.4	2.326
Avarage			2.43	1193.90	695.50	1210.30	514.80	2.319

V.I.M (%) Min. 3.5 Max. 5.0	V.M.A (%) Min. 15	V.F.A (%) Min. 65	Stability		Flow (mm)	Marshall Quotien (Kg/mm)
			Meas	Adjust		
J	K	L	M	N	O	P
4.65	15.47	69.95	90	1178.1	3.4	346.50
4.08	14.97	72.74	92	1204.3	3.2	376.34
4.36	15.22	71.35	91	1191.19	3.30	361.42

Sumber : Hasil analisis peneliti di PT. Merakindo Mix Krikilan Driyorejo, Gresik

Tabel 6. Hasil Uji Marshall Kontrol KAO

No.	Bitumen Content	Eff Sp.Gr Total agg	Max Sp.gr Combine Mix	Weght (Gram)			Volume Of Specimen	Bulk SpGr Combine Mix
				In Air	In Water	S.S.D		
A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	5.25	2.622	2.425	1193.6	688.6	1204.4	515.8	2.314
			2.425	1196.0	692.2	1208.3	516.1	2.317
Avarage			2.425	1194.80	690.40	1206.35	515.95	2.316

V.I.M (%) Min. 3.5 Max. 5.0	V.M.A (%) Min. 15	V.F.A (%) Min. 65	Stability		Flow (mm)	Marshall Quotien (Kg/mm)
			Meas	Adjust		
J	K	L	M	N	O	P
4.57	15.18	69.87	95	1243.6	3.4	365.75
4.44	15.06	70.53	97	1269.7	3.1	409.59
4.51	15.12	70.20	96	1256.64	3.25	387.67

Sumber : Hasil analisis peneliti di PT. Merakindo Mix Krikilan Driyorejo, Gresik

Dari hasil kontrol KAO dengan uji *marshall* yang ditunjukkan pada Tabel 6 dan Tabel 7, semua nilai yang dihasilkan memenuhi karakteristik dari masing-masing nilai yang ditentukan berdasarkan spesifikasi umum Bina Marga 2010. Tetapi dari hasil tersebut dapat kita lihat bahwa dengan KAO 5,25% pada campuran Variasi 2 menghasilkan nilai yang lebih tinggi dari pada campuran Variasi 1 dengan KAO 5,5%. Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa KAO dari campuran AC-WC dengan penggunaan RAP diambil pada Variasi 2 yaitu KAO 5,25%. Dimana kemudian dibuat acuan untuk penambahan kadar limbah ban yang direncanakan pada penelitian lanjutan.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan pengaruh penggunaan agregat RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) dan *fly ash* sebagai *filler* pada campuran laston AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*), dapat disimpulkan bahwa KAO yang dihasilkan dari penggunaan RAP 21% sebesar 5,25% pada campuran Variasi 2. Hasil kontrol KAO penggunaan RAP 21%, dengan analisa parameter *Marshall* mempunyai nilai stabilitas yaitu 1256,64 kg, kelelahan atau *flow* 3,25 mm, V.I.M 4,51%, V.M.A 15,12%, V.F.A 70,20%, dan *marshall quotient* 387,67 kg/mm. Dimana hasil tersebut lebih baik dari pada campuran pada kontrol Variasi 1. Penggunaan RAP sebagai agregat dapat memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2010, dan dapat digunakan sebagai alternatif agregat pengganti.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. *The Blue Book–Building & Construction*. 2009.

Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum (2010). *Spesifikasi Umum Edisi 2010 (Revisi 1)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum.

Karismanan. 2019. Analisa Campuran AC-WC dengan Agregat *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) dan *Filler Fly Ash* Sebagai Campuran Induk untuk Penambahan *High Density Polyethylene* (HDPE). Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.

Laos, Charly. 2015. Pengaruh Penambahan Serbuk Ban Karet Pada Campuran Laston Untuk Perkerasan Jalan Raya. Universitas Kristen Petra. Surabaya.

Mulyani, Sri. 2017. Teknik Pencampuran Optimal antara Crumb Rubber dan Aspal Pen. 60/70. Pusat Litbang Jalan dan Jembatan. Bandung.

Permana, Arsandy Brian. Analisa Campuran AC-WC Pen 60/70 dengan Agregat *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) dan *Filler Abu Batu* Sebagai Campuran Untuk Penambahan *Low Density Polyethylene* (LDPE).

Saodang, Hamirhan. *Perancangan Perkerasan Jalan Raya*. Bandung : Nova, 2005.

Sukirman, Silvia. *Dasar – Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Bandung : Nova, 1999.

Sukirman, Silvia. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung : Nova, 1999.

Sukirman, Silvia. *Perkerasan Jalan Raya*. Bandung : Nova, 2003.

Sukirman, Silvia. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta : Granit, 2003.

Undang - Undang RI No 22. Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. 2009.

Undang - Undang RI No 38. Tentang Jalan. 2004.

Wilis, Ayudya Retno. *Pengaruh Penambahan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) dan Lawele Granular Asphalt (LGA) Sebagai Bahan Substitusi Agregat Terhadap Karakteristik Marshall Dengan Tambahan Fly Ash Sebagai Filler*. Vol 2, No 2/REKATS/18 (2018).